

СИНТЕЗ НЕЧЕТКИХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТАКТНОЙ ЛИТОТРИПСИИ ПРИ УРОЛИТИАЗЕ

Коцарь А. Г.

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

В работе описывается метод прогнозирования эффективности контактной литотрипсии при мочекаменной болезни с использованием аппарата нечеткой логики принятия решений. Сформирован словарь информативных признаков и алфавит классов. Разработаны формулы расчета функций принадлежности по данным признакам, по значениям которых с помощью итерационного правила логического вывода рассчитываются коэффициенты уверенности в принадлежности обследуемого объекта к искомому классу. На основании сравнения полученных значений с пороговыми значениями коэффициентов уверенности производится дефазификация вывода. Для проверки эффективности «срабатывания» синтезированных решающих правил были рассчитаны коэффициенты уверенности для пациентов с известными исходами лечения уролитиаза и построены гистограммы распределения значений коэффициентов. Анализ пересечения гистограмм свидетельствует о высокой диагностической эффективности (0,9) синтезированных решающих правил.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь, прогнозирование, нечеткая логика.

FORECASTING OF EFFICIENCY CONTACT LITHOTRIPSY IN UROLITHIASIS WITH USING FUZZY LOGIC

Kotsar A. G.

Southwest State University, Kursk, Russia (305040, Russia, Kursk, street 50 let Oktyabrya, 94)

The article describes a method of fuzzy logic decision making for predicting the effectiveness of contact lithotripsy in urolithiasis. Formed dictionary informative features and alphabet of classes. Developed the formula for calculating the membership functions according to the features, and using an iterative rule, calculate the coefficient of confidence in the examined object belonging to the desired class. By comparing the values obtained with the threshold values of the coefficients of confidence is defuzzification conclusion. To test the effectiveness of the "operation" of the synthesized decision rules were calculated ratios of confidence to patients with known outcomes of therapy, and a histogram distribution of patients according to the value the coefficients of confidence. Analyze the intersection histogram shows a good agreement between the results of expert evaluation s and synthesized decision rule in the control group: the positive predictive value – 0.86, the negative predictive value - 0.8 and diagnostic efficiency is 0.9.

Keywords: urolithiasis, forecasting, fuzzy logic.

Введение

Мочекаменная болезнь (МКБ) – высокоактуальная проблема современного общества в связи с высокой распространенностью (заболеваемость среди взрослого населения планеты составляет 1–5 %); тенденцией к росту заболеваемости, на фоне негативного влияния ускоряющегося темпа жизни в техногенной цивилизации; преобладающим поражением трудоспособного населения (в 65–68 % случаев МКБ развивается в возрасте 20–60 лет); тенденцией к хроническому, рецидивирующему течению, снижающему качество жизни и в ряде случаев приводящему к тяжелым нарушениям функции почек и инвалидизации больных [5,2].

При всей актуальности проблемы, вопросы лечения, профилактики и метафилактики МКБ остаются открытыми. За последние три десятилетия достигнуты значительные успехи в методах удаления и дезинтеграции конкрементов за счет применения неинвазивных,

малоинвазивных и эндоскопических методов. При всем многообразии методов лечения выбор оптимальной комбинации для конкретного пациента является нелегкой задачей, требующей творческого подхода и учета множества признаков. Как показали наши исследования, врачу-урологу приходится учитывать до 40 факторов, которые могут повлиять на выбор одного из, как минимум, 25 возможных варианта лечения конкретного пациента с мочекаменной болезнью.

Дистанционная ударно-волновая литотрипсия (ДУВЛ) – высокоэффективный, наименее инвазивный метод лечения, позволяющий достичь положительного результата в 94 % случаев при наличии конкрементов размером до 2 см [3]. Однако возможности метода ограничены: техническими характеристиками аппарата, невозможностью адекватной фокусировки на камень, химической структурой камня, анатомо-физиологическими особенностями мочевых путей, исключающих возможность самостоятельного отхождения фрагментов дезинтегрированного конкремента, наличием противопоказаний к методу. В данной ситуации, необоснованное применение ДУВЛ приводит к затягиванию лечебного процесса, бессмысленной травматизации тканей почки или мочеточника, усугублению или усложнению исходной клинической ситуации.

Альтернативой в данной ситуации являются эндоскопические методы контактной литотрипсии (КЛТ). Эти методы легко переносятся больными, характеризуются небольшим количеством осложнений, способствуют сокращению срока нетрудоспособности по сравнению с открытым оперативным вмешательством. К другим преимуществам данного метода относятся высокий процент успешного некомбинированного удаления. Применение уретероскопов небольшого диаметра способствовало повышению уровня разрушения камней мочеточников от 90 % (средняя и верхняя треть) до 97–98 % (нижняя треть) при уменьшении степени осложнений [1,6]. Вместе с тем это инвазивный и травматичный метод, требующий применения наркоза. Закономерно, что по сравнению с ДУВЛ количество осложнений при эндоскопической литотрипсии увеличивается. Кроме того, в 30 % случаев требуется дополнительное проведение ДУВЛ.

Цель исследования.

Разработка методов и средств прогнозирования эффективности контактной литотрипсии при мочекаменной болезни, управляемых автоматизированной системой поддержки принятия решений врача-уролога, обеспечивающей высокое качество оказания медицинских услуг в условиях неопределенности и неполноты представления данных при пересекающихся структурах классов.

Материал и методы исследования

Учитывая многообразие и нечеткую природу признаков, определяющих отнесение объекта (пациента) к одному из классов (возможных лечебных групп), возможность одновременного присутствия объекта со сходными значениями одного и того же признака в различных классах, четкая логика неприменимы для однозначного вывода в принятии решений по лечебной тактике. Поэтому в качестве основного математического аппарата выбрана нечеткая логика принятия решений с расчетом коэффициентов уверенности в принадлежности к искомым классам [4].

Согласно общей концепции синтеза нечетких решающих правил, задача нечеткого прогнозирования эффективности КЛТ рассматривается как задача разделения обследуемых на два класса: $\omega_{\text{КЛТ}+}$ – показана КЛТ, $\omega_{\text{КЛТ}-}$ – противопоказана КЛТ. Для этого:

1. Проводится обследование пациента согласно стандартам оказания медицинской помощи больным мочекаменной болезнью, утвержденным министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации. По результатам обследования информативным признакам присваиваются цифровые значения:

x_1 – локализация камня: 1 – локализация неизвестна, 2 – верхняя чашка, 3 – средняя чашка, 4 – нижняя чашка, 5 – лоханка, 6 – лоханочно-мочеточниковый сегмент, 7 – верхняя треть, 8 – средняя треть, 9 – нижняя треть на уровне костного тазового кольца, 10 – нижняя треть вне тазового кольца, 11 – предпузырный, интрамуральный отдел мочеточника; x_2 – возможность и способ визуализации камня: 1 – не визуализируется, 2 – лоцируется при УЗИ, 3 – рентгенконтрастный, 4 – рентгегативный, визуализация «по концу контраста»; x_3 – размер камня, мм; x_4 – форма камня: 1 – гладкий, овальный или округлый, 2 – неправильной формы, шиповатый; x_5 – плотность камня по результатам СКТ (хаунсфилд); x_6 – рентгенинтенсивность камня по результатам урографии: 1 – неконтрастный, 2 – слабоконтрастный, 3 – контрастный, 4 – интенсивно контрастный; x_7 – четкость контуров: 1 – нечеткие, размытые, 2 – четкие, ровные; x_8 – наличие просветлений: 0 – нет, 1 – есть; x_9 – химическая структура камня (в анамнезе): 1 – моногидратный оксалат, 2 – неизвестно, 3 – фосфат, 4 – дигидратный оксалат, 5 – урат, 6 – смешанный; x_{10} – длительность стояния конкремента в мочеточнике, сут.; x_{11} – толщина паренхимы почки, см; x_{12} – сократительная способность мочеточника по данным экскреторной урографии: 1 – мочеточник не расширен / расширен до 10 мм, 2 – мочеточник расширен 10–15 мм, 3 – мочеточник расширен более 15 мм, извитой; x_{13} – стриктура нижележащего отдела мочеточника, рубцовый периуретерит: 1 – сужение просвета мочеточника на экскреторных урограммах без выраженного супрастенотического расширения, 2 – протяженное до 1 см сужение с диаметром мочеточника 1–2 мм, с супрастенотическим расширением, 3 – протяженное более 1 см сужение с диаметром мочеточника 1–2 мм, с супрастенотическим расширением, 4 –

протяженное более 1 см сужение с диаметром мочеточника менее 1 мм, с супрастенотическим расширением, 5 – протяженное менее 1 см сужение с диаметром менее 1 мм, с супрастенотическим расширением; x_{14} – фиксированный С-образный перегиб мочеточника ниже камня, в градусах; x_{15} – S-образный перегиб мочеточника ниже камня: 0 – нет, 1 – есть; x_{16} – нижележащий камень мочеточника (множественная обструкция): 0 – нет, 1 – есть; x_{17} – уретероцеле: 0 – нет, 1 – есть; x_{18} – аденома простаты с субтригональным ростом с девиацией нижних отделов мочеточников (с-м крючков мочеточников): 0 – нет, 1 – есть; x_{19} – цистоцеле: 0 – нет, 1 – есть; x_{20} – компрессия мочеточника извне фибромиомой матки, объемными образованиями: 0 – нет, 1 – есть; x_{21} – количество функционирующих почек: 1 – одна, 2 – две; x_{22} – наличие дренажа: 1 – катетер, 2 – ЧПНС; 3 – стент; x_{23} – нарушения свертывающей системы крови: 0 – нет, 1 – есть; x_{24} – нейрогенные контрактуры, анкилозы тазобедренных суставов: 0 – нет, 1 – есть; x_{25} – невозможность визуализации устья: 1 – микроцистис, 2 – инкрустирующий цистит, 3 – уретероцистонеоанастомоз; x_{26} – пол пациента: 1 – мужской, 2 – женский; x_{27} – беременность: 0 – нет, 1 – есть; x_{28} – общесоматический статус больного, степень анестезиологического риска ASA: 1 – ASA1, 2 – ASA2, 3 – ASA3, 4 – ASA4, 5 – ASA5; x_{29} – обструктивный серозный пиелонефрит: 0 – нет, 1 – есть; x_{30} – обструктивный гнойный пиелонефрит: 0 – нет, 1 – есть; x_{31} – некупирующийся болевой синдром: 0 – нет, 1 – есть; x_{32} – часто рецидивирующая почечная колика, необходимость вводить инъекционные анальгетики более 4 раз в сутки: 0 – нет, 1 – есть; x_{33} – отсутствие эффекта от камнеизгоняющей терапии в течении 2 недель: 0 – нет, 1 – есть.

2. Для каждого признака рассчитывается значение функций принадлежности $\mu_{\omega}(x_i)$ ($i=1, \dots, 33$) к классам $\omega_{\text{КЛТ+}}$, $\omega_{\text{КЛТ-}}$ на основании формул, синтезированных группой высококвалифицированных экспертов – специалистов в области урологии, под руководством инженера по знаниям.

3. Рассчитывается общий коэффициент уверенности в отнесении обследуемого к классам $\omega_{\text{КЛТ+}}$ ($KY_{\text{КЛТ+}}$), $\omega_{\text{КЛТ-}}$ ($KY_{\text{КЛТ-}}$) с помощью итерационного правила логического вывода вида:

$$KY(r+1) = KY(r) + \mu_{\omega}(x_{i+1})[1 - KY(r)],$$

где $KY(r)$ – коэффициент уверенности в классе ω на r -ом шаге итерации; причем $KY(r) = \mu_{\omega}(x_1)$; $\mu_{\omega}(x_{i+1})$ – функция принадлежности для вновь вводимого признака с номером $i+1$, $i=1, \dots, 33$.

4. На основании сравнения полученного коэффициента уверенности с пороговыми значениями $KY_{\text{КЛТ+}}^{\text{п1}}=0,55$, $KY_{\text{КЛТ+}}^{\text{п2}}=0,65$, $KY_{\text{КЛТ-}}^{\text{п1}}=0,5$ производится дефазификация вывода. Окончательный вывод определяется выражениями:

ЕСЛИ ($KU_{KLT+} \geq KU_{KLT+}^{II2}$) И $KU_{KLT-} < KU_{KLT-}^{II1}$, ТО [«целесообразно выполнение КЛТ, ввиду предполагаемой высокой эффективности»];

ЕСЛИ ($KU_{KLT+}^{II1} \leq KU_{KLT+} < KU_{KLT+}^{II2}$) И $KU_{KLT-} < KU_{KLT-}^{II1}$, ТО [«возможно выполнение КЛТ, однако предполагаемая эффективность умеренная»];

ИНАЧЕ [«нецелесообразно выполнение контактной литотрипсии, ввиду предполагаемой низкой эффективности или наличия противопоказаний»].

Результаты исследования

Для проверки эффективности «срабатывания» синтезированных решающих правил были рассчитаны KU_{KLT+} и KU_{KLT-} для пациентов с известными исходами лечения МКБ. Из пациентов с $KU_{KLT-} < 0,5$ сформированы 2 группы: 1 группа – больные уретеролитиазом, у которых КЛТ была эффективна (100 больных); 2 группа – больные уретеролитиазом, которым выполнены ДЛТ или открытая операция (300 больных) и построены гистограммы распределения больных (в %) по значению KU_{KLT+} (рис. 1).

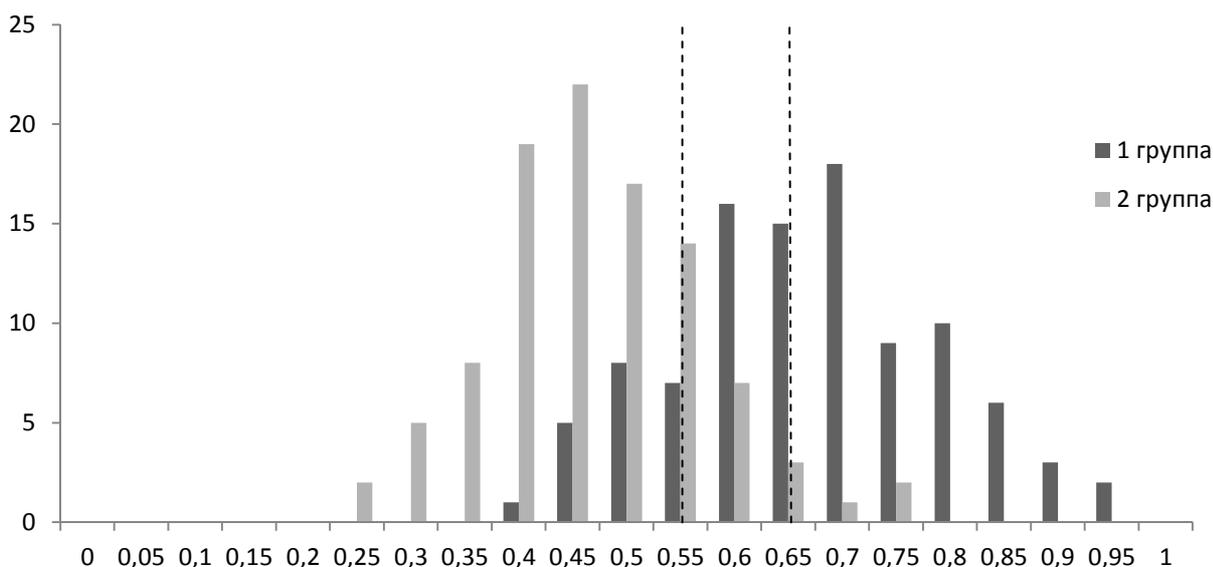


Рис. 1. Гистограммы распределения групп больных по значению KU_{KLT+}

На основании анализа пересечения гистограмм распределения классов по KU_{KLT+} относительно пороговых значений KU_{KLT+}^{II2} , обеспечивающих минимальные значения ошибочных решений, рассчитаны показатели прогностической значимости положительных результатов (0,86), прогностической значимости отрицательных результатов (0,8) и диагностической эффективности (0,9) полученных решающих правил.

Анализ полученных результатов показывает хорошее совпадение результатов экспертного оценивания и проверки качества работы, синтезированных решающих правил на

контрольной выборке.

Выводы

Синтезированная система нечетких решающих правил для прогнозирования эффективности контактной литотрипсии при МКБ обеспечивает при приемлемых временных и технико-экономических затратах уверенность в принимаемых решениях на уровне 0,9 и выше в зависимости от количества и качества регистрируемой информации и позволяет научно обоснованно решать задачи рационализации выбора метода лечения уретеролитиаза.

Список литературы

1. Вахлов С. Г., Егоров В. В., Поспелов И. В. Контактная литотрипсия // Вестник первой областной клинической больницы. Выпуск четвертый. – 2002. – № 1. – С.15-16.
2. Вощула В. И. Мочекаменная болезнь: этиотропное и патогенетическое лечение, профилактика. – Минск; Мн.: ВЭВЭР, 2006. – 268 с.
3. Дзеранов Н. К. Лечение мочекаменной болезни: реалии сегодняшнего дня // Здоровья Украины. – 2006. – № 4. – С.20-25.
4. Корневский Н. А., Титов В. С., Чернецкая И. А. Проектирование систем поддержки принятия решений для медико-экологических приложений: Монография / Курск гос. техн. ун-т. – Курск, 2004. – 180 с.
5. Тиктинский О. Л., Александров В. П. Мочекаменная болезнь. – СПб.: Питер, 2000. – С. 384.
6. Leijte J. A., Oddens J. R., Lock T. M. Holmium laser lithotripsy for ureteral calculi: predictive factors for complications and success // J Endourol. – 2008. – Vol. 22, N 2. – P. 257–260.

Рецензенты:

Бежин Александр Иванович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии ГБОУ ВПО «Курский государственный медицинский университет», г. Курск.

Новиков Алексей Викторович, доктор медицинских наук, ассистент кафедры урологии ГБОУ ВПО «Курский государственный медицинский университет», врач-уролог 2 урологического отделения ОБУЗ Курская городская клиническая больница скорой медицинской помощи, г. Курск.